

使用後返却願います

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-78252

(43) 公開日 平成7年(1995)3月20日

(51) Int.Cl. <sup>4</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 7/00				
G 0 1 B 11/00	H	9287-5L	G 0 6 F 15/ 62	4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-161438

(22) 出願日 平成5年(1993)6月30日

(71) 出願人 000001199

株式会社神戸製鋼所

兵庫県神戸市中央区臨浜町1丁目3番18号

(72) 発明者 西川 晃平

兵庫県神戸市西区高塚台1丁目5番5号

株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内

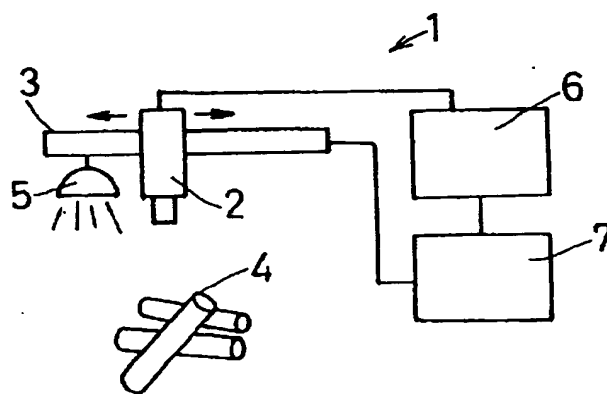
(74) 代理人 弁理士 本庄 武男

(54) 【発明の名称】 物体認識方法

(57) 【要約】

【目的】 移動ステレオの手法により認識対象物体の三次元位置姿勢を認識するもので、移動ステレオによる三次元位置検出のためのデータ抽出の方法を改良した物体の三次元位置姿勢認識方法を提供する。

【構成】 移動ステレオ手法における各画像間で同一の撮像点を対応付けする処理を正確且つ容易にできるよう改良したもので、各撮像位置で撮像された二次元画像から上記対象物上に複数の特徴点(撮像点)を抽出し、それぞれの特徴点について同一の特徴点が検出された画像位置(撮像位置)と、この画像が検出されなくなった画像位置とをツリー構造的(検出された画像位置を根、検出されなくなった画像位置を葉とするような)にデータ構造化することで多数の同一特徴点の対応付けが容易となる。



対応 図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 立体的対象物を所定距離離れた2点よりカメラにより撮像し、上記2点での両画像内の共通撮像点の位置を、上記2点間距離及び角度から三角測量の原理により計測すべく、上記カメラを上記2点の一方の点から他方の点に向けて移動させ、上記2点及び該2点間の1以上の点において上記対象物を撮像し、上記2点間の隣接する撮像点で得られた画像から上記共通撮像点を認識する物体認識方法において、複数の共通撮像点について、それぞれ当該共通撮像点が画像内で検出され続ける範囲内での初めて検出されたカメラ位置およびその撮像角度と、画像内に検出されなくなったカメラ位置及びその撮像角度とを検出し、これらのデータから上記複数の共通撮像点の位置を演算することを特徴とする物体認識方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、散積みされた物体をロボットハンド等によりピックアップするような複雑な形状の対象物の場合に上記物体の三次元位置及び姿勢を認識するための物体認識方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】例えば、図8に示すように、同一形状の丸棒4が散積みされて重なり合った状態にあるものから、個々の丸棒4の位置及び姿勢を認識するための従来技術について示す。まず、図9(a)(b)に示すように、予め丸棒4の表面A-A方向の明るさの分布、及び、丸棒4の長さを測定して、光学モデルとして登録しておく。次に、図8に示すように、散積みされた複数の丸棒4を光源22で照明し、撮像装置21で撮像して、その画像を画像処理装置23に取り込む。画像中の任意ライン上の明るさ分布は、図10に示すようになるので、この中から予め登録されている丸棒4の光学モデルの明るさ分布と似通っている部分(図10では○)を抽出する。次いで、抽出された部分の軸方向の長さが登録された長さに近似であれば、これを所要の丸棒4として認識する。図10に示す例では、部分に相当する丸棒4aが認識される。部分に相当する丸棒4bは重なりが有って長さが短くなるため認識されない。従って、認識された丸棒4aのみをロボットハンド等によりピックアップすることができる。上記のように丸棒4aをピックアップするような場合には、丸棒4aが他の対象物と分離可能かどうか、即ち、丸棒4aが立体的に他と別体の対象物であるかどうかの問題となる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】物体を立体的に認識する方法として所定距離離れた2点から物体を撮像して、共通撮像点についての撮像間隔と撮像角度とから物体の所要位置のカメラからの距離を算出するステレオビジョンの手法が知られている。この方式では複数の共通撮像

点について離れた2つの画像間でそれぞれ共通撮像点毎に対応付けすることが困難(対象物が複雑な立体の場合、離れた2つの位置から同じ対象物を見てもまったく異なる画像が得られるので)であるため、この対応付けを容易にするための方法として移動ステレオの手法(電子通信学会論文誌186/11V.1, J69-D No. 11 P1765~1772)が用いられる。この移動ステレオ手法では、1台のカメラを小さな間隔で移動させて撮像することにより、上記共通撮像点の対応付けを隣接画像間で容易に行おうとするものである。この移動ステレオの手法を用いることにより、前記丸棒の立体認識も理論的には可能である。しかし、複雑な立体物あるいは同一物が多数散積みされた状態の物体の三次元位置姿勢を認識するためには、物体上に多数の撮像点を設定し、それぞれの三次元位置を測定することを要するが、上記移動ステレオ手法における各画像間で多数の共通撮像点に対応付けすることに複雑な処理を要し、対応付けの誤りや処理時間が長くなるという問題がある。本発明は、上記移動ステレオ手法における各画像間で同一の撮像点に対応付けする処理を正確且つ容易にできるよう改良して、上記移動ステレオ手法の課題を解消することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明が採用する方法は、立体的対象物を所定距離離れた2点よりカメラにより撮像し、上記2点での両画像内の共通撮像点の位置を、上記2点間距離及び角度から三角測量の原理により計測すべく、上記カメラを上記2点の一方の点から他方の点に向けて移動させ、上記2点及び該2点間の1以上の点において上記対象物を撮像し、上記2点間の隣接する撮像点で得られた画像から上記共通撮像点を認識する物体認識方法において、複数の共通撮像点について、それぞれ当該共通撮像点が画像内で検出され続ける範囲内での初めて検出されたカメラ位置およびその撮像角度と、画像内に検出されなくなったカメラ位置及びその撮像角度とを検出し、これらのデータから上記複数の共通撮像点の位置を演算することを特徴とする物体認識方法である。

## 【0005】

【作用】ステレオビジョンでは、撮像間隔を大きくとることにより、3次元位置計測精度の向上が図れる。本発明によれば、各カメラ位置で撮像された二次元画像から上記対象物上に複数の共通撮像点を抽出し、各共通撮像点の画像間での移動をデータ構造化して、それぞれの共通撮像点について初めて検出されたカメラ位置と、この画像が検出されなくなったカメラ位置及び撮像角度とから撮像点までの距離を演算する。この演算を各共通撮像点について行うことにより、対象物の三次元位置姿勢を高精度に認識できるとともに、視覚センサによる対象物の検出範囲を広げることができる。

## 【0006】

【実施例】以下、添付図面を参照して、本発明を具体化した実施例につき説明し、本発明の理解に供する。尚、以下の実施例は本発明を具体化した一例であって、本発明の技術的範囲を限定するものではない。ここに、図1は本発明に係る物体認識方法を実施するための構成を示す模式図、図2は実施例による撮像画像の例を示す画像図、図3は撮像画像から散積みされた丸棒の中心線を求める画像処理の手順を示すフローチャート、図4はステレオビジョンの原理図、図5はステレオビジョンにおける対応付け探索範囲の説明図、図6は移動ステレオの原理図、図7は移動ステレオ手法により検出された画像特徴の対応付けの連続関係を示すツリー構造の構成図である。本実施例は、散積みされた丸棒の三次元位置姿勢を認識するもので、移動ステレオ手法を用いて散積みされた丸棒の三次元位置姿勢を認識する。物体認識を行うための物体認識装置1は、撮像装置（カメラ）2と、該撮像装置2を認識対象となる散積み状態の丸棒4の散積み面に対して平行方向に直線移動させるための移動台3と、散積みされた丸棒4を照明する光源5と、撮像装置2によって撮像された画像から丸棒4の三次元位置姿勢を認識するための処理を行う画像処理装置6と、該画像処理装置6の指令に基づき上記移動台3上の撮像装置2を移動させる駆動制御装置7とを具備して構成されている。上記構成になる物体認識装置1により散積みされた丸棒4の三次元位置姿勢の認識方法について以下に説明する。撮像装置2により移動台3のある位置から散積みされた丸棒4を撮像すると、図2に示すような画像が得られる。この画像は画像処理装置6により、図3に示すような手順で丸棒4の中心線が求められる。即ち、光源5からの照明により表面が鏡面反射している丸棒4の画像を明るさ分布を所定の閾値で二値化することにより、中心線上の明部が抽出されるので、この明部を細線化処理し、直線検出することにより丸棒4の中心線が求められる。

【0007】この時点では、丸棒4の二次元的な位置姿勢が検出されているが、丸棒4が積み重なった上下関係や三次元的な位置姿勢は検出できない。そこで、撮像装置2を移動台3上で直線移動させ、複数の撮像位置から撮像した画像から丸棒4の三次元位置姿勢を求める。まず、離れた2点位置からステレオ視することにより物体を立体的に認識できることを利用したステレオビジョンの原理から説明する。図4に示すように、散積みされた丸棒4から、任意の丸棒4aの特徴的な点（共通撮像点に相当）O1を2台の撮像装置2a、2bを所定距離離れた位置a、bに撮像軸を平行に配して撮像する。この場合の各撮像装置2a、2bの各撮像面8a、8b上での点O1の像の撮像軸中心からの位置をそれぞれP0、P1とし、像P0及びP1の撮像軸中心からの距離をそれぞれxa及びxb、撮像装置2a、2bのレンズの焦

点距離をfとすると、線分abから物点O1までの距離Zは、下式のようにして計算できる。

$$Z = f \cdot ab / (xb + xa)$$

しかし、2台の撮像装置2a、2bを用いるステレオビジョンでは、P0に対応するP1を決定する対応づけが一般的に困難である。例えば、点O1の近くに丸棒4bの丸棒4aと同一位置の点O2があると、誤ってP0の対応点としてP2を選んでしまう可能性がある。この問題点は、図5に示すように、奥行き方向の丸棒4aの検出範囲Zwが $Z_{\min} \leq Zw \leq Z_{\max}$ として与えられている場合には、P0に対応するP1の撮像面上での存在範囲xbは、下式に示すように限定できる。

$$xa + (f \cdot ab) / Z_{\max} \leq xb \leq xa + (f \cdot ab) / Z_{\min}$$

上式により、撮像装置2a、2b間の距離abが小さい場合には、この対応付けの探索範囲は小さくなり、P0とP1の対応付けは容易となるが、間隔abを小さくすると点O1の三次元位置の計測精度が低下する問題が生じる。

【0008】この問題を解決するため、本実施例では移動ステレオの手法を用いる。図1に示した物体認識装置1において撮像装置2を移動台3により図6に示すように撮像位置a、b、c一にわずかつつ移動させ、各撮像位置で散積みされた丸棒4を撮像する。図6において、撮像位置a、b、c…の間隔（視点間距離）は下記の関係式を満足させるように決定される。

$$ab = bc = \dots = L \text{ (定数)}$$

奥行き方向の丸棒4の検出範囲Zwが $Z_{\min} \leq Zw \leq Z_{\max}$ として与えられているとすると、任意の丸棒4aの特徴的な点O1（前記のように直線検出された点）を撮像した撮像位置a、bでの撮像面8上での点O1の像の撮像軸中心からの位置をそれぞれP0、P1とすると、P0に対応するP1の撮像面上での存在範囲xbは、下式に示すようになる。

$$xa + (f \cdot L) / Z_{\max} \leq xb \leq xa + (f \cdot L) / Z_{\min}$$

ここで、視点間距離Lを小さく決定しておくと、上記存在範囲内に存在するP0の対応点候補を限定することができる。同様に撮像位置bで得られる像P1に対応する撮像位置cの撮像面上での探索範囲xcは下式のように示され、この探索範囲内に存在するP1の対応点候補も限定することができる。

$$xb + (f \cdot L) / Z_{\max} \leq xc \leq xb + (f \cdot L) / Z_{\min}$$

上記のようにして、撮像位置a、b、c…のうち、隣接する撮像位置間での対応候補をそれぞれ求めることができる。上記のように視点間距離Lを小さく設定した各撮像位置間では、対応候補を求めることが容易にできるが、先にステレオビジョンの原理で説明したように、視点間距離Lが小さい場合の物体の三次元位置計測の精度

が低下する。そこで、撮像位置 a, b, c…の各隣接する視点間距離で対応付けを進め、撮像装置 2 を移動させて共通撮像点の対応付けができる最大の 2 点間距離から、共通撮像点の三次元位置を求めると、対応付けと視点間距離とを満足させることができる。

【0009】本実施例では、対応付けの関係を明確化するため、図 7 に示すような多視点での画像特徴の対応関係を示す樹木構造をデータ構造として導入する。上記画像特徴とは、共通撮像点に対応する点で各撮像位置 a, b, c…で撮像され、前述のように画像処理（直線検出）された結果得られる丸棒 4 の中心線である。図 7 において、撮像位置 a での画像特徴 0 a に対応する撮像位置 b での画像特徴候補が画像特徴 0 b 及び 1 b, 撮像位置 b での画像特徴 1 b に対応する撮像位置 c での画像特徴候補が画像特徴 0 c 及び 1 c で撮像位置 d では画像特徴 1 c に対応する画像特徴が発見できない場合には、画像特徴 0 a をツリー構造の「根」、画像特徴 0 b, 0 c, 1 c を「葉」とするデータ構造とする。このように撮像位置を a, b, c…と移動させたときに初めて画像内に出現した画像特徴はツリー構造の「根」とし、撮像位置の移動に伴って画像内から消滅していった画像特徴はツリー構造の「葉」とする。上記のようなツリー構造を導入することにより、上記対応付けができる最大の撮像位置間距離は、各ツリー構造の「根」から「葉」に至る個々の画像特徴対応経路を解析することによって求めることができる。つまり、図 6 に示したように移動ステレオ手法では三角形の相似により、撮像位置の移動に伴う画像特徴の画像上での移動量は、撮像位置の移動量に正比例するため、 $a b = b c = \dots = L$  の条件より、各像 P0, P1, P2 の撮像面 8 上の移動距離は、図 6 の状態で示すと下式のようになり、微小視差 D を求めることができる。

$$x_a + x_b = x_b + x_c = \dots \equiv D$$

そこで、ツリー構造の「根」から各「葉」に至る画像特徴対応パスにおいて、ツリー構造のリンクで接続されている画像特徴間の上記微小視差 D をそれぞれ計算し、得られた微小視差列の分散がいちばん小さくなる「根」から「葉」に至る画像特徴対応パスを求める対応付けパスとする。

【0010】この結果、決定された対応付けパスが、例えば、「根」の画像内の x 座標が  $x_a$  であり、「葉」の画像内の x 座標が  $x_c$  であったときには、求める点 O1 の奥行き方向位置は下式によってもとめることができる。

$$Z = f \cdot a c / (x_a + x_c)$$

従って、散積みされた丸棒 4 を撮像した画像を図 3 に示

した画像処理により各丸棒 4 の中心線を求め、中心線の両端が検出できる丸棒の中心線の両端を特徴点（共通撮像点）として抽出し、この特徴点毎の各画像間の対応関係を上記ツリー構造で表現した後、ツリー構造の「根」から「葉」に至る経路を解析することにより、散積みされた丸棒 4 個々の奥行き位置、傾きを計測でき、三次元位置姿勢が認識される。本実施例では、上記の通り散積みされた丸棒の三次元位置姿勢の認識方法を示したが、立体物の所要位置に特徴点を抽出して、同様の処理を行うことにより各特徴点の三次元位置座標が検出でき、立体物の三次元位置姿勢を認識することができる。

#### 【0011】

【発明の効果】本発明は以上の説明の通り、移動ステレオ手法による三次元位置姿勢の認識における各撮像位置での画像間の同一撮像点の対応付けが誤認識なく容易に実行されるので、立体対象物の奥行き方向の計測精度が最良となる撮像間距離が正確に求められ、立体対象物の三次元位置姿勢の認識が正確且つ迅速になされる効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明に係る物体認識方法を実施するための構成を示す模式図。

【図 2】 実施例に係る撮像画像の例を示す画像図。

【図 3】 実施例に係る撮像画像から散積みされた丸棒の中心線を求める画像処理の手順を示すフローチャート。

【図 4】 ステレオビジョンの原理図。

【図 5】 ステレオビジョンにおける対応付けの検索範囲を示す説明図。

【図 6】 実施例に係る移動ステレオの原理図。

【図 7】 実施例に係る移動ステレオ手法により検出された画像特徴の対応付けの連続関係を示すツリー構造の構成図。

【図 8】 従来例に係る物体位置の認識方法を実施するための構成図。

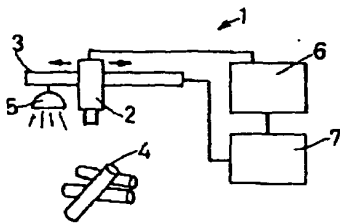
【図 9】 丸棒 (a) とその表面の明るさ分布を示すグラフ (b)。

【図 10】 従来例に係る物体認識方法を示す説明図。

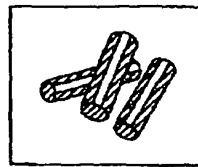
#### 【符号の説明】

- 1…物体認識装置
- 2…撮像装置（カメラ）
- 3…移動台
- 4…丸棒（対象物）
- 6…画像処理装置
- 8…撮像面

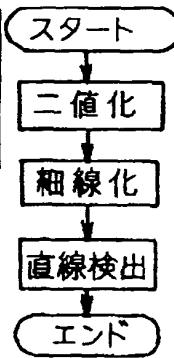
【図1】



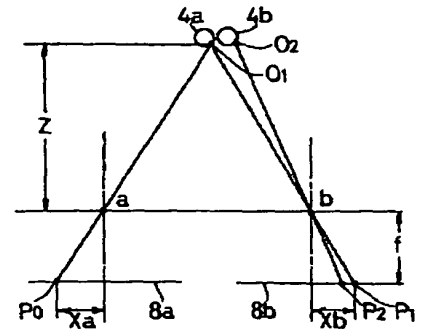
【図2】



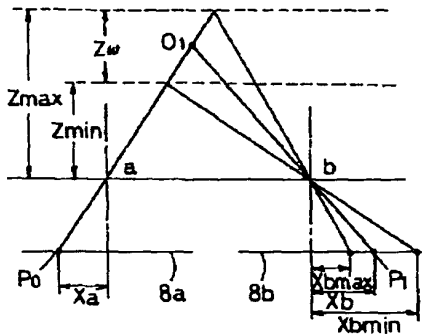
【図3】



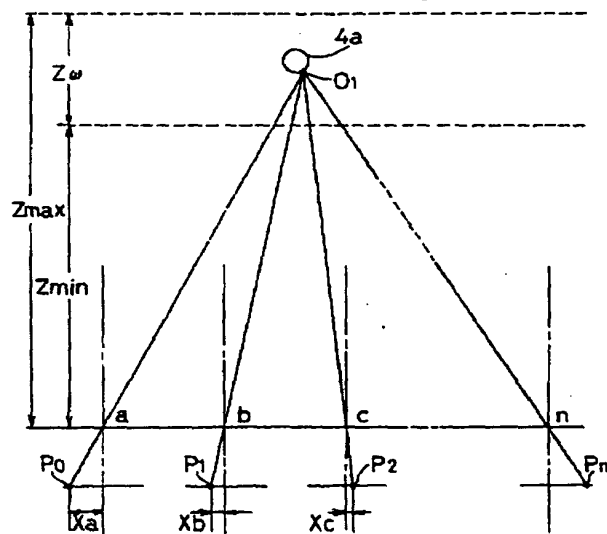
【図4】



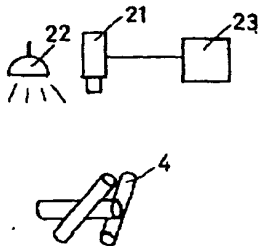
【図5】



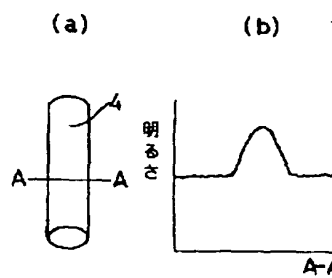
【図6】



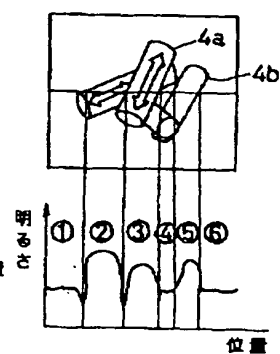
【図8】



【図9】



【図10】



【図7】

